ISTITUTO D' IGIENE DELLA R. UNIVERSITÀ DI TORINO

Direttore inc.: Prof. CARLO F. CERRUTI

Distribuzione del calore e andamento della temperatura negli apparecchi di sterilizzazione ad aria calda.

Prof. CARLO F. CERRUTI - Direttore inc.

Estratto dalla Rivista
L' IGIENE MODERNA
N. 4 - 1937-XV

Soc. Anon. d'Arte Poligrafica
1937-XV - Genova - C. Mentana 5

ISTITUTO D'IGIENE DELLA R. UNIVERSITÀ DI TORINO
Direttore inc.: Prof. CARLO F. CERRUTI

Distribuzione del calore e andamento della temperatura negli apparecchi di sterilizzazione ad aria calda.

Prof. CARLO F. CERRUTI - Direttore inc.

PREMESSA

La sterilizzazione mediante il calore secco ha un campo d'azione relativamente limitato, ma tuttavia molto importante e degno della massima attenzione. Nei laboratori e nelle cliniche si sterilizzano col calore secco oggetti di vetro, di porcellana, strumenti chirurgici, tutto ciò che può sopportare senza alterarsi le temperature elevate che si debbono raggiungere per ottenere con tal mezzo la distruzione di qualsiasi forma di vita microbica negli oggetti in questione.

Purtroppo accade talora di veder sterilizzare con il calore secco anche materiale di medicazione, tessuti di lana o cotone, che per la loro struttura oppongono una grande resistenza alla penetrazione del calore e in pari tempo cominciano ad alterarsi già a temperature di poco superiori ai 100° C.

Gli apparecchi di sterilizzazione ad aria calda che si trovano abitualmente in uso nei laboratori e negli ospedali ripetono nelle loro linee essenziali il modello ben noto della stufa o forno Pasteur. Sono delle scatole metalliche a doppia parete, in cui circola l'aria riscaldata da una fiamma a gas o da una resistenza elettrica posta sul fondo. Gli oggetti da sterilizzare, puliti ed asciutti, ravvolti in carta o chiusi con tappi di cotone, si pongono in un cestello di rete metallica nell'interno del forno dove, poco per volta, per irraggiamento del calore dalle pareti interne, per i moti convettivi dell'aria riscaldata che dall'intercapedine penetra nell'interno attraverso fori predisposti in basso o in alto, e infine anche per conduzione, essi raggiungono la temperatura voluta. Il tempo e il grado di calore necessari per sterilizzare con l'aria calda variano a seconda degli autori da ¾ d'ora a 150° C., a ½ ora, 1 ora a 170°-180° C.; si consiglia dai più di tenere gli oggetti da sterilizzare a 160° C. per un'ora.

Il controllo della temperatura si fa, di solito, in base alla lettura di un termometro a mercurio graduato fino a 200° C., che penetra più o meno profondamente nell'interno della stufa attraverso un apposito foro praticato nel coperchio o nelle pareti dell'apparecchio. In realtà questa forma di controllo lascia molto a desiderare e chiunque ha pratica di sterilizzazioni in stufe ad aria calda conosce per esperienza quanto sia difficile condurre a termine un'operazione di sterilizzazione evitando completamente un principio di carbonizzazione della carta che avvolge gli oggetti o del cotone che chiude i tubi e i matracci da sterilizzare. Questo perchè la temperatura indicata dal termometro esprime soltanto il grado di calore raggiunto dall'aria che si trova nelle immediate vicinanze del termometro, mentre gli oggetti a contatto diretto delle pareti, specialmente quelli posti sul fondo, raggiungono di solito temperature notevolmente superiori.

E' sufficiente distribuire nell'interno di una stufa ad aria calda alcuni termometri a massima per convincersi dell'ineguale distribuzione del calore. Ma neppure l'impiego dei termometri a massima può darci conto esatto dell' andamento della temperatura nei vari punti situati nell'interno della stufa e questo dato sopratutto è quello che può rassicurarci sulla reale efficienza di un apparecchio di sterilizzazione ad aria calda. Ci si dimentica troppo spesso che non è tanto la temperatura segnata dal termometro dell'apparecchio, quanto quella raggiunta effettivamente dagli oggetti da sterilizzare quella che ha veramente maggior importanza. E non è sufficiente raggiungere una data temperatura, ma anche e forse più mantenerla costante per un certo tempo per ottenere con certezza la sterilizzazione. L'azione sterilizzante del calore secco è principalmente funzione della temperatura e della durata e questi due coefficienti sono meno controllabili di quello che si creda nei comuni apparecchi di sterilizzazione ad aria calda.

ESPERIENZE PERSONALI

In base a ripetute prove fatte con una stufa Pasteur e con una stufa più piccola dello stesso tipo a rivestimento interno di porcellana, ebbimo più volte occasione di constatare, servendoci di termometri a massima, i forti squilibri di temperatura che si stabilivano tra i vari oggetti sottoposti a sterilizzazione nei detti apparecchi, squilibri che potevano facilmente raggiungere i 40-50 gradi e anche più, e che non erano minimamente denunciati dalla lettura del termometro a mercurio sporgente dall'alto o dai lati dell'apparecchio. Constatata in tal modo la ineguale distribuzione del calore che si stabiliva in detti apparecchi e gli inconvenienti vari cui si andava incontro

quando si spingeva il riscaldamento a un grado tale da raggiungere anche nei punti meno accessibili al calore le elevate temperature necessarie per la sterilizzazione, ritenemmo opportuno far costruire uno sterilizzatore ad aria calda dotato di elevato potere coibente e munito di dispositivi automatici atti a regolare meglio la produzione e la distribuzione del calore.

Descrizione dell'apparecchio di sterilizzazione ad aria calda usato nel corso delle esperienze. — Tale apparecchio, come appare dagli schemi annessi (v. fig. 1) ha le seguenti dimensioni e caratteristiche: è una cassa metallica quadrata (60 x 60 x 80 cm.) a doppia parete, in cui l'intercapedine (cm. 10) è interamente occupata da uno strato di materiale coibente a base di cotone silicato e fibra d'amianto; la parte superiore è munita di cerniera, è ribaltabile e serve da coperchio, l'inferiore poggia su quattro piedi alti 20 cm.. Lo spazio interno (40 x 40 x 70 cm.) è diviso in due scompartimenti da una mensola metallica fissata alle pareti alla distanza di 25 cm. dal fondo, sulla quale appoggia un cestello di rete metallica (36 x 36 x42 cm.) destinato a contenere gli oggetti da sterilizzare.

Sul fondo dello scompartimento inferiore stanno le resistenze metalliche di riscaldamento avvolte su dei cilindri paralleli di materiale refrattario e inseribili sulla rete monofase a 220 V. Parallelamente ai cilindri delle resistenze e vicino a una parete della stufa trova posto l'asta del termostato regolabile per temperature comprese tra 135° e 185° C. Su di una delle pareti esterne dello sterilizzatore si trovano riuniti la presa di corrente, il comando del dispositivi di regolazione della temperatura e un limitatore orario della corrente con un periodo massimo di regolazione di due ore.

Se per l'alto potere coibente delle pareti la trasmissione di calore all'esterno è praticamente nulla, quando nel forno si è raggiunta la temperatura per la quale è stato regolato il termostato, questo interrompe totalmenè il circuito e quindi la somministrazione di energia (v. fig. 2, schema I). Quando, a motivo della costruzione della stufa, si avesse una sensibile dispersione di calore, si ricorre al sistema dello schema II, nel quale, raggiunta la temperatura prefissa, il termostato, invece di interrompere totalmente il passaggio della corrente, inserisce una seconda porzione di resistenza (che prima teneva in corto circuito) limitando l'energia somministrata alla quantità sufficiente a compensare la dispersione di calore; alla fine del tempo fissato, il limitatore orario interromperà tutto il carico.

Il funzionamento di questo sterilizzatore è assai semplice. Riempito e messo a posto il cestello con gli oggetti da sterilizzare, si ribalta il coperchio e si chiude ermeticamente serrando due chiavarde ai

lati dello stesso. Si fissa, regolando opportunamente il termostato, la temperatura massima che si vuole raggiungere, quindi portando la lancetta dell'orologio in corrispondenza del tempo in cui si vuole interrompere completamente la somministrazione di energia, si chiude l'interruttore.

Mezzi di studio della distribuzione del calore e dell'andamento della temperatura. — Con alcune prove fatte a stufa vuota potemmo assicurarci del buon funzionamento della stufa e specialmente del termostato, che risultò sensibile ad oscillazioni di temperatura inferiori a 1° C. che avvenivano nelle sue immediate vicinanze. In prove successive, fatte a stufa piena e disponendo alcuni termometri a massima in punti diversi della stufa, ci accorgemmo ben presto che la distribuzione del calore avveniva in modo disuguale e sospettammo che più forti squilibri di temperatura si avessero nel corso della prova. Questo perchè, potendosi estrarre e quindi leggere i termometri a massima solo al termine delle prove, quando, cessata da parecchie ore la produzione di calore, la temperatura nell'interno della stufa era ormai scesa quasi a livello della temperatura dell'ambiente, essi avevano avuto tempo di subire l'azione equilibratrice delle correnti d'aria calda che avevano avuto modo di farsi strada, sia pure con difficoltà, attraverso la massa degli oggetti da sterilizzare, e delle radiazioni di calore emanate dagli oggetti stessi e dalle pareti della stufa.

Volendo renderci conto esatto dell'andamento della temperatura nell'interno della stufa, pensammo di cercare un mezzo di misura della temperatura che ci permettesse di seguirne le variazioni in più punti prestabiliti in modo da ottenere un quadro esatto e fedele della distribuzione del calore nell'interno della stufa stessa.

I comuni termometri a mercurio erano, a priori, da scartarsi date le dimensioni rilevanti della stufa, l'opacità e lo spessore delle sue pareti, che non ne permettevano praticamente l'impiego. I termometri elettrici, basati sul principio della variabilità della resistenza ohmica dei conduttori metallici in funzione della temperatura, offrivano molti vantaggi sui precedenti, ma per le dimensioni e la rigidità dell'elemento sensibile termometrico il loro impiego presentava nel caso nostro difficoltà non indifferenti.

I così detti pirometri termoelettrici o galvanometrici si prestavano invece molto bene per misurare la temperatura nei punti diversi e meno accessibili della nostra stufa. Essi non richiedono alcuna sorgente di energia, perchè utilizzano la forza elettromotrice che si produce in funzione delle differenze di temperatura tra il punto di contatto o di saldatura (punto caldo) e gli estremi (punti freddi) di due fili di diverso metallo, di uguale lunghezza e attivi termoelettricamente.

Il punto di saldatura dei due fili (o termoelementi) costituisce la parte sensibile al calore della coppia termoelettrica e si mette dove si vuole misurare la temperatura, mentre gli estremi, o punti freddi, della coppia vanno tenuti a temperatura costante, e sono collegati per mezzo di conduttori in rame isolati ad un galvanometro di precisione.

I tipi più comuni di coppie termoelettriche usati per temperature oscillanti fra 0° e 300° C. sono le combinazioni Ferro-Rame, Rame-Costantana, Ferro-Costantana, e si possono trovare in commercio già tarate e protette contro eventuali danneggiamenti di indole meccanica per mezzo di opportune armature scelte a seconda della temperatura massima da controllare e dell'atmosfera gassosa in cui la termocoppia deve stare. Vi è poi la possibilità di collegare parecchie coppie termoelettriche allo stesso galvanometro, da inserirsi su l'una o l'altra coppia mediante commutatore, in modo da seguire contemporaneamente le variazioni di temperatura in punti diversi, e si può tarare senz'altro in gradi la scala del galvanometro per non dover ricorrere a diagrammi o tabelle.

Il galvanometro di cui ci siamo serviti (v. Fig. 3) consentiva il collegamento con quattro diverse coppie di termoelementi ed era a lettura diretta con scala oscillante tra 0° e 250° C.. Dato lo scopo delle nostre ricerche ritenemmo sufficienti tre sole coppie di Ferro-Costantana, di diversa lunghezza, convenientemente protette da un'armatura flessibile in ceramica e collegate al galvanometro da conduttori in rame bene isolati.

Le coppie termoelettriche si introdussero nell'interno della stufa attraverso un foro di 3 cm. di diametro appositamente praticato in una delle pareti laterali e convenientemente intasato con materiale isolante e nell'interno si disposero secondo l'asse dell'apparecchio, in modo che la prima coppia misurasse la temperatura sul fondo del cestello, la seconda a mezza altezza e la terza in alto quasi a contatto col coperchio. Le esperienze si svolgevano in questo modo: dopo aver fissato sul termoregolatore automatico la temperatura massima prescelta e aver chiusa ermeticamente la stufa, si leggevano al galvanometro le temperature corrispondenti alle tre termocoppie, quindi si iniziava la somministrazione di energia portando la sfera dell'orologio sul tempo prefisso; in seguito si ripeteva, sempre seguendo lo stesso ordine, la lettura delle temperature di 15' in 15', continuando così per alcune ore e mai meno di sette.

Risultati delle esperienze. — Le osservazioni fatte con la stufa vuota confermarono quelle raccolte con l'impiego dei termometri a massima, rivelando una uniforme distribuzione del calore, una rapida ascesa della temperatura sino a raggiungere il massimo in un'ora circa,

poi un periodo di temperatura quasi costante pure di un'ora e quindi una lenta discesa per ritornare in capo a dieci ore alla temperatura iniziale dell'ambiente.

Le prove fatte con la stufa piena rivelarono un comportamento ben diverso delle temperature. Nel diagramma I si possono seguire le variazioni della temperatura in funzione del tempo e dei punti della stufa in cui si erano disposte le termocoppie. Mentre l'andamento della temperatura sul fondo del cestello ripete press'a poco quello osservato a stufa vuota, le variazioni di temperatura avvenute contemporaneamente a metà altezza e nella parte superiore del cestello sono assai meno rilevanti e più lente delle precedenti. Dopo un'ora dall'inizio del riscaldamento osserviamo rispettivamente le seguenti temperature: sul fondo 227° C., a metà altezza 145° C., in alto 65° C., con una differenza tra i due estremi di ben 162° C.. Dopo due ore, alla cessazione completa della somministrazione di energia alle resistenze, si hanno le seguenti temperature: sul fondo 200° C., a metà altezza 167°,5 C., in alto 114° C., con una differenza di temperatura tra i due punti estremi ridotta a 86° C.. Dopo tre ore le rispettive temperature sono le seguenti: sul fondo 152° C., a metà altezza 156° C., in alto 125° C.. In seguito le differenze di temperatura si vanno sempre più attenuando per raggiungere, in capo a quattro ore, una temperatura pressochè uniforme di 125° C., che va lentamente discendendo sino a ritornare alla temperatura ambiente di partenza (16° C.) dieci ore dopo la cessazione della produzione di calore.

Esaminando più minutamente i risultati di questa prova si osserva che solo una parte degli oggetti ha potuto raggiungere e mantenere per un tempo adeguato (1 ora e 15') una temperatura intorno ai 160° C., mentre la parte più distante dalla sorgente di calore non ha mai superato la temperatura di 128° C.. Gli oggetti più vicini alla sorgente di calore sono rimasti invece per circa 2 ore ad temperatura superiore ai 160° C., raggiungendo anzi il massimo di 227° C. un'ora dopo l'inizio del riscaldamento. Non si deve inoltre dimenticare che tutti gli oggetti indistintamente hanno mantenuto per più di 5 ore una temperatura uguale o superiore a 100° C..

Per quanto riguarda il termostato regolatore si deve rilevare che esso non ha impedito l'ascesa della temperatura a gradi superiori a quello prefisso di 160° C.; ad un dato momento si è raggiunta anzi in fondo al cestello una temperatura più elevata di ben 67° C., senza per altro riscontrare segni palesi di combustione della carta o del cotone.

In complesso questa ed altre prove analoghe ci dimostrarono che nonostante il riscaldamento diretto dell'aria contenuta nella stufa per mezzo di resistenze elettriche e la presenza di uno spazio libero largo

2 cm. ai lati intorno al cestello contenente gli oggetti da sterilizzare, la distribuzione del calore non avveniva in modo uniforme e rapido, nè le temperature raggiunte offrivano sicura garanzia per la sterilizzazione degli oggetti.

Per ovviare agli inconvenienti riscontrati si provvide a sostituire il termostato autoregolatore con altro dello stesso tipo, ma con sensibilità maggiore e si pensò di rendere più agevole la circolazione dell'aria calda disponendo al centro del cestello un tubo di ferro zincato alto 40 cm. e di 8 cm. di diametro, con ampia svasatura (cm. 26) in basso, in modo da convogliare direttamente verso l'alto una rilevante quantità d'aria calda. Tutt'attorno a questa specie di camino si misero gli oggetti da sterilizzare cercando che si corrispondessero nelle diverse prove come qualità, numero e disposizione.

Dopo numerose esperienze di orientamento, mutando il tempo e la temperatura di riscaldamento prefissa del termostato, si fecero 3 serie di prove, fissando il limitatore orario al suo massimo di 120 minuti, e variando successivamente la temperatura del termostato a 160° 170°-180° C.. Ciascuna serie comprendeva 3 prove, la prima a stufa vuota, la seconda a stufa piena e la terza a stufa pure piena, ma con tubo di tiraggio. Nei diagrammi (II, III, IV) che seguono appaiono evidenti le caratteristiche della distribuzione e diffusione del calore e dell'andamento delle temperature nell'interno della stufa nelle varie condizioni d'esperimento. Occorre premettere che per accostarci maggiormente alle condizioni pratiche della sterilizzazione col calore secco, ebbimo l'avvertenza di introdurre il punto di giunzione delle singole coppie termoelettriche in tubi da saggio chiusi con cotone prima di disporli nei punti indicati, per stabilire così esattamente la temperatura effettiva raggiunta nell'interno degli oggetti da sterilizzare.

Dall'esame della prima serie di diagrammi (II), eseguiti con temperatura prefissa al termoregolatore di 160° C., appare evidente la notevole influenza che può esercitare la messa in opera di un così semplice dispositivo quale è un tubo di tiraggio, sulla circolazione dell'aria calda e quindi sulla distribuzione del calore nell'interno di un apparecchio di sterilizzazione ad aria calda. Influenza che si manifesta sia sulla rapidità dell'ascesa che sull'altezza della temperatura raggiunta. Infatti, a stufa piena la temperatura raggiunse il suo massimo di 130° C. sul fondo in poco meno di 2 ore, a mezza altezza solo dopo 2 ore e 45' e in alto non superò i 115° C. in capo a 1 ora e 45' circa. A stufa piena con tubo di tiraggio la temperatura raggiunse il massimo di 172° C. a mezza altezza e di 159°,5 C. sul fondo dopo soltanto 1 ora e 15' dall'inizio, e in alto i 148° C. dopo 1 ora e 35'. A stufa vuota, ferme restando le altre condizioni d'esperimento, l'ascesa della temperatura fu più rapida ed elevata, perchè in capo ad 1 ora si erano

raggiunti i massimi di 205° C. a mezza altezza, di 198° C. in alto e di 176° C. sul fondo. Poco prima che la temperatura raggiungesse questi massimi il termoregolatore era entrato in azione distaccando la corrente, che reinserì in capo a mezz'ora, quando la temperatura sul fondo era scesa intorno a 166° C.. Si ebbe così una nuova ascesa di breve durata e intensità, perchè dopo 1 quarto d'ora il termometro regolatore interruppe nuovamente la somministrazione di energia.

Nelle stesse prove, ripetute col termoregolatore a 170° e 180° C., i diagrammi delle temperature (III e IV) offrono la conferma di quanto si era già potuto rilevare fissando come limite la temperatura di 160° C.. A stufa vuota, la temperatura sale rapidamente in alto e a mezza altezza a limiti lievemente superiori che non sul fondo, dove l'azione del termoregolatore si fa sentire con maggior prontezza ed efficacia. A stufa piena i diagrammi delle temperature, a parte la diversità dei massimi raggiunti, hanno esattamente lo stesso andamento sia con il termoregolatore a 160° C. che a 170° C. e a 180° C.. Mentre in un primo tempo la temperatura sul fondo sale più rapidamente che non in alto o al centro, dopo due ore quando, toccato il suo massimo, comincia lentamente a decrescere, essa viene raggiunta e sorpassata dalla temperatura dell'alto e poi da quella del centro, che si mantiene per un certo tempo più alta di tutte. Anche a stufa piena, con tubo centrale di tiraggio, l'andamento delle temperature dei diversi punti sotto controllo è pressochè uguale sia con l'una che con l'altra temperatura prefisse al termoregolatore.

Nonostante la presenza del tubo di tiraggio che permette lo stabilirsi di una corrente centrale d'aria calda di notevole volume e intensità dal basso verso l'alto in un primo tempo le temperature raggiunte verso l'alto sono notevolmente inferiori (-25°, -28° C.) di quelle osservate in basso o al centro. E' solo dopo la cessazione della produzione di calore che la temperatura della parte alta raggiunge e supera quelle della parte bassa e centrale, che sono però già da tempo nella fase decrescente.

Le differenze tra i massimi di temperatura raggiunti con o senza tubo di tiraggio furono dello stesso ordine di quelle osservate nelle prove a 160° C.. Con termoregolatore a 170° C. i massimi raggiunti a stufa piena furono i seguenti: 137°,5' C. in alto, 132°,5' C. a mezza altezza, 142°,5' C. sul fondo. La presenza del tubo di tiraggio permise di raggiungere queste altre quote: 156° C. in alto, 181° C. a mezza altezza, 168° C. sul fondo. Nelle analoghe prove fatte con termoregolatore a 180° C. si ottennero, a stufa piena, questi massimi: 149°,5' C. in alto, 145° C. a mezza altezza, 157° C. sul fondo. Con tubo di tiraggio tali massimi salirono rispettivamente a: 165° C. in alto, 192°,5' C a mezza

altezza, 192° C. sul fondo, con uno scarto di temperatura di 27°,5' C. fra gli estremi.

Si deve inoltre notare che per quanto il dispositivo del tubo di tiraggio abbia permesso di raggiungere in poco più di 1 ora i massimi di temperatura nei vari punti dell'interno della stufa, sono occorse tuttavia più di 2 ore perchè si stabilisse dappertutto una temperatura uniforme, e questa non si mantenne tale che per un periodo di pochi minuti. L'osservazione dei diagrammi rivela infatti un incrocio momentaneo più che una sovrapposizione duratura delle diverse curve di temperatura entrate ormai nella fase discendente.

Il diverso andamento delle curve di temperatura anche nella fase di discesa, quando con l'interruzione definitiva del circuito è cessata la somministrazione di energia e quindi la produzione di calore, è dovuta probabilmente al fatto che entrano in giuoco le correnti di calore irradiato dalle pareti della stufa, di cui beneficiano maggiormente gli oggetti posti sull'alto e ai lati del cestello, perchè più vicini. Sono infatti le curve delle temperature in alto e a mezza altezza che discendono più lentamente, mentre sul fondo gli oggetti si raffreddano più rapidamente. Una certa importanza possono pure avere la diversa capacità termica e conduttività degli oggetti da sterilizzare, ma nelle nostre esperienze ebbero un'influenza trascurabile chè, su per giù, il contenuto della stufa fu sempre uguale.

Nei riguardi poi del tempo durante il quale tutti indistintamente gli oggetti contenuti nella stufa hanno mantenuto una temperatura sufficiente per la loro sterilizzazione, si deve riconoscere che solo col termoregolatore a 180° C., il limitatore orario a 2 ore e la presenza del tubo di tiraggio si è raggiunta e tenuta ovunque la temperatura di 160° C. almeno per 1 ora.

Prove di controllo batteriologico. — Per verificare l'azione microbicida del trattamento in stufa ad aria calda nelle varie condizioni d'esperimento, ricorremmo a prove batteriologiche di controllo servendoci di spore batteriche molto resistenti al calore.

Isolato uno stipite di B. subtilis da infuso di fieno e verificatine i caratteri biochimici e colturali se ne fecero colture in brodo che si lasciarono sporificare. Successivamente si immersero in tali colture dei fili di seta, lunghi 5 cm. sterilizzati in autoclave, che dopo 1 ora vennero tolti, lasciati sgocciolare e quindi collocati sul fondo di una capsula di Petri sterile. Dopo 48 ore di soggiorno in termostato a 37° C. i fili di seta apparivano bene asciutti e introdotti in tubi di brodo sterile davano luogo a sviluppo di rigogliose colture di B. subtilis in capo a 2 giorni di termostato a 37° C. o anche a 30° C..

Le prove si svolgevano in questo modo: prima di iniziare il carico

della stufa si introducevano, con le abituali precauzioni di asepsi, quattro fili di seta sporiferi in altrettanti tubi da saggio sterili, chiusi con tappo di cotone, poi si collocavano questi tubi accanto a quelli contenenti i termoelementi, e cioè sul fondo, a mezza altezza (uno al centro e uno di lato) e in alto, riempiendo contemporaneamente la stufa di materiale da sterilizzare. Al termine delle operazioni di sterilizzazione, a raffreddamento avvenuto, si estraevano i tubi contenenti i fili di seta, vi si introducevano asetticamente 10 cc. di brodo nutritivo sterile e si mettevano in termostato a 37° C., tenendoli in osservazione per 15 giorni.

Per controllo si tenevano due tubi, contenenti pure 10 cc. di brodo nutritivo, in uno dei quali era stato seminato un filo di seta sporifero, prelevato dalla provvista conservata in scatola di Petri.

Su 24 prove, fatte a stufa piena, con o senza tubo di tiraggio, termoregolatore a 160°, 170° e 180° C., e limitatore orario a 120', solo in quelle eseguite a 180° C. e con tubo di tiraggio le prove colturali riuscirono sempre completamente negative. A temperature inferiori o senza il tubo di tiraggio, quasi sempre le spore contenute nel tubo collocato in alto e talvolta anche in quelli a mezza altezza davano luogo a sviluppo di *subtilis,* dimostrando così che il grado di calore raggiunto e la durata del tempo d'azione non erano stati sufficienti a distruggerle.

L'esame dei diagrammi (v. diagrammi I, II, III e IV) permette di stabilire esattamente, caso per caso, l'altezza delle temperature raggiunte e per quanto tempo rimasero ad esse esposte le spore di B. subtilis. Data la varietà delle temperature che mano a mano si succedevano e la diversità dei relativi tempi di esposizione in ogni singola prova non si può tuttavia stabilire quale sia esattamente il cosidetto « punto termico mortale » per le spore del B. subtilis, si può affermare soltanto la necessità di raggiungere e mantenere gli oggetti da sterilizzare in stufe ad aria calda almeno per 1 ora temperature superiori a 160° C. per distruggere sicuramente le spore di questo germe.

Ricerche analoghe eseguite recentemente da R. Hanne (1) diedero risultati simili a quelli da noi ottenuti sia per quanto riguarda l'andamento della temperatura nell'interno di stufe ad aria calda di vario tipo, sia per la resistenza al calore delle spore batteriche.

---

(1) R. Hanne: *Die Leistung der Heilssluftsterilisatoren.* — Techn. Gemeindbl., 37: 1034, 1934.

Id.: *Heissluftsterilisation.* — Arch. f. Hyg. u. Bakt., 114: 93, 1935.

CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI

I pregi e i difetti del calore secco come mezzo di sterilizzazione sono da tempo noti nelle loro linee essenziali, ma poco si conosce sulla effettiva distribuzione del calore e sul reale andamento della temperatura nell'interno degli apparecchi che impiegano tale mezzo per sterilizzare.

Il controllo di tali apparecchi è affidato per lo più alla lettura di termometri a mercurio, semplici od a massima, che registrano soltanto la temperatura raggiunta nel punto in cui sono stati collocati.

Per le nostre ricerche abbiamo creduto bene di adottare i cosidetti pirometri termoelettrici o coppie termoelettriche che si sono rivelati dei mezzi di misura della temperatura particolarmente adatti alle condizioni d'impiego da noi desiderate. Potemmo infatti collocare la parte termosensibile delle coppie nei punti meno accessibili dell'interno della stufa in esame e seguire esattamente le variazioni di temperatura che si andavano producendo durante lo svolgimento delle operazioni di sterilizzazione.

Nei diagrammi presentati appare evidente il vario andamento della temperatura e perciò la diversa distribuzione del calore in rapporto ai vari punti considerati. Le differenze osservate sono di tale entità da spiegare da sole gli incerti risultati che spesso si lamentano con questo mezzo di sterilizzazione.

Il collocamento di un tubo di tiraggio al centro della stufa si è rilevato un mezzo eccellente per favorire un più rapido ed uniforme riscaldamento degli oggetti da sterilizzare. E' probabile che la messa in opera di un ventilatore in corrispondenza del tubo di tiraggio acceleri e migliori ancora la distribuzione del calore nell'interno della stufa stessa.

Il termoregolatore non è stato sufficiente ad impedire lo stabilirsi di temperature notevolmente diverse nell'interno della stufa, ma probabilmente tale inconveniente si deve attribuire più che altro alla errata posizione della parte sensibile del termoregolatore rispetto alle fonti di produzione del calore. Se esso, invece di essere collocato lungo una parete della stufa, parallelamente alle resistenze elettriche, fosse stato disposto trasversalmente sopra di esse, si sarebbe certamente ottenuta una più pronta ed efficace regolazione della produzione di calore.

Anche il fatto che il campo d'azione del limitatore orario era di soli 120' ha avuto senza alcun dubbio una certa influenza sull'andamento delle temperature, perchè i massimi si sono raggiunti d'ordinario solo dopo 1 h e 30' dall'inizio delle operazioni e dopo altri soli 30' la somministrazione dell'energia veniva interrotta completamente

dalla entrata in azione del limitatore. Sarebbe opportuno munire le stufe ad aria calda di un limitatore orario di corrente con più lungo periodo d'azione o collegato direttamente al termoregolatore per consentire il passaggio della corrente per un tempo maggiore.

I dati raccolti hanno anche fornito la prova evidente dell'influenza che esercita la presenza o meno di oggetti nell'interno di una stufa sulla distribuzione del calore e sull'altezza delle temperature che si possono raggiungere. Ne viene di conseguenza che le operazioni di sterilizzazione col calore secco si devono svolgere sempre nelle stesse condizioni e con le stesse modalità per avere risultati sicuri e comparabili.

Un apparecchio controllato soltanto a vuoto può rivelarsi insufficiente alla prova pratica ed è quindi sommamente importante che i controlli si svolgano nelle stesse identiche condizioni dell'uso.

La presenza di uno strato coibente esterno che impedisca la dispersione del calore è un ottimo coefficiente per il buon funzionamento delle stufe a secco e per il successo delle relative sterilizzazioni. Esso permette di raggiungere più rapidamente e di mantenere più a lungo le temperature elevate necessarie per la sterilizzazione. Anche dal punto di vista economico non è indifferente il potere coibente di una stufa, perchè, quando esso sia elevato, consente notevoli economie di esercizio. A titolo d'informazione diremo che ogni operazione di sterilizzazione compiuta nella stufa che ha servito alle nostre esperienze non venne a costare più di L. 1 di energia, dato che si consumava di solito poco più di 1 kwo.

Le prove batteriologiche di controllo, eseguite con spore di B. subtilis, ci hanno consentito di stabilire quali debbano essere le condizioni di esercizio per ottenere sicuramente la sterilizzazione degli oggetti senza alterarli. Tali condizioni appaiono più che mai legate alle caratteristiche termiche della stufa in esame e non sono evidentemente utilizzabili per stufe di costruzione differente. In altri termini ogni apparecchio appare dotato di un regime termico suo proprio, variabile entro certi limiti, che bisogna conoscere ed in certo qual modo anche rispettare, per condurre a buon termine le operazioni di sterilizzazione.

* * *

I dati raccolti e le osservazioni fatte nel corso delle esperienze ci sembrano giustificare le seguenti conclusioni:

1. — E' necessario controllare esattamente le variazioni della temperatura nell'interno degli apparecchi di sterilizzazione col calore

secco nelle più varie condizioni d'impiego per conoscerne e quindi utilizzarne le caratteristiche.

2. — Tale controllo può essere compiuto nel migliore dei modi servendosi dei pirometri termoelettrici.

3. — E' difficile evitare sensibili differenze di temperature tra i vari punti dell'interno di una stufa ad aria calda.

4. — E' utile favorire la circolazione dell'aria calda non solo lasciando sufficiente spazio libero lungo le pareti interne delle stufe, ma anche disponendo un tubo di tiraggio al centro di esse.

5. — I moti convettivi dell'aria calda più che la conducibilità o l'irradiazione contribuiscono alla diffusione e distribuzione uniforme del calore.

6. — E' difficile stabilire esattamente, nelle condizioni abituali d'esercizio degli apparecchi di sterilizzazione ad aria calda, la temperatura ed il tempo d'azione sufficienti per distruggere alla superficie e nell'interno degli oggetti da sterilizzare qualsiasi forma di vita microbica, ma come misura di sicurezza si può indicare la temperatura di 160° C., per un'ora, come limite minimo indispensabile.

Torino, settembre 1936-XIV.

Coibente
Cestello
Limitatore orario 120 minuti
360
420
700
800
1000
H
H
Termostato 135°-185° regolabile
Resistenze di riscaldamento
Presa di corrente
Coibente
Pianta sezione HH
610
Coibente
100
400
100
600

Fig. 1

I

Limitatore orario

Termostato

Rete 220 V

Consumo : 5 Amp. - 220 V = 1.1 Kw.

II

Limitatore orario

a

b

Termostato

Fig. 2

Fig. 3

Diagramma I

Temperatura in gradi centigradi

30 20 10 200 90 80 70 60 50 40 30 20 10 100 90 80 70 60 50 40 30 20

0 30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360 390 420 Tempo in minuti

——— in alto
– – – a mezza altezza
—·· — sul fondo

Stufa a pieno carico – Termoregolatore a 160° C – Orologio 2 h.

Diagramma II

Temperatura in gradi centigradi

10 200 90 80 70 60 50 40 30 20 10 100 90 80 70 60 50 40 30 20

0 15 30 45 60 75 90 105 120 135 150 165 0 15 30 45 60 75 90 105 120 135 150 165 0 15 30 45 60 75 90 105 120 135 150 165 180

Tempo in minuti

——— in alto
– – – a mezza altezza
—·· — sul fondo

Stufa vuota — Stufa piena — Stufa piena con tubo di tiraggio

Termoregolatore a 160° C. Orologio = 2 h.

Diagramma III

Temperatura in gradi centigradi

20 10 200 90 80 70 60 50 40 30 20 10 100 90 80 70 60 50 40 30 20

0 30 60 90 120 150 0 30 60 90 120 150 0 30 60 90 120 150 180

Tempo in minuti

——— in alto
- - - - a mezza altezza
-·-·— sul fondo

Stufa vuota — Stufa piena — Stufa piena con tubo di tiraggio

Termoregolatore a 170° C. Orologio = 2 h.

Diagramma IV

Temperatura in gradi centigradi

20 10 200 90 80 70 60 50 40 30 20 10 100 90 80 70 60 50 40 30 20

0 30 60 90 120 150 0 30 60 90 120 150 0 30 60 90 120 150 180

Tempo in minuti

——— in alto
— — — a mezza altezza
-·-·— sul fondo

Stufa vuota — Stufa piena — Stufa piena con tubo di tiraggio

Termoregolatore a 180° C Orologio - 2 h

GENOVA Anno XXX

L'Igiene Moderna

PUBBLICAZIONE MENSILE

DIREZIONE, REDAZIONE E AMMINISTRAZIONE
ISTITUTO D'IGIENE - VIALE BENEDETTO XV . GENOVA - TELEFONO 33.656

CONDIZIONI DI ABBONAMENTO

ANNO: Italia e Colonie L. 25 - Estero L. 50 - NUMERI SEPARATI: Italia e Colonie: per gli abbonati L. 2,50; Arretrati L. 5 - Per i non abbonati: numeri separati L. 5; Arretrati L. 10; Estero il doppio. — Desiderando ricevuta L. 1 in più.